

С.С.ИЛЬИНА, аспирант, Национальный горный институт, Днепропетровск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЕЙ ПРОВОДНИКОВ НА ДИНАМИКУ СКИПОВ В СТВОЛАХ С НАРУШЕННОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

У статті розглянуто проблему дослідження динаміки системи «посудина – армування» в діючих стовбурах з порушеною геометрією, що знаходяться під дією зсуву порід. Дослідження базуються на моделюванні у програмному комплексі SolidWorks-Simulation-SolidMotion. Отримані залежності зміни контактних навантажень від підйомної посудини на провідники від геометричних параметрів профілів провідників.

The problem of dynamics research of system "vessel - reinforcement" in operating shafts with broken geometry, being under effect of rocks movement, is considered in article. The research is based on modeling in program complex SolidWorks-Simulation-SolidMotion. Dependences of contact loadings on guides changing, caused by lifting vessels, from geometrical parameters of guides profiles are received.

В статье рассмотрена проблема исследования динамики системы «сосуд – армирование» в действующих стволах с нарушенной геометрией, которые находятся под действием смещения пород. Исследования базируются на моделировании в программном комплексе SolidWorks-Simulation-SolidMotion. Получены зависимости изменения контактных нагрузок от подъемного сосуда на проводники от геометрических параметров профилей проводников.

Стволы, которые находятся в зоне сдвижения горных пород, имеют искривления своей вертикальной оси сложного пространственного характера. По глубине ствола с определенным шагом в крепи закреплены яруса жесткой армировки, на которых навешены нитки проводников для направления движения подъемных сосудов. В некоторых стволах этот шаг может отличаться на разных участках. Сдвигаясь в пространстве вместе с крепью яруса, генеральная линия профилей вертикальных проводников искривляется синхронно с профилем оси ствола.

Эти глобальные искривления носят достаточно плавный характер и имеют большой радиус кривизны. При этом абсолютные значения горизонтальных отклонений для оси ствола могут составлять сотни миллиметров. Проводники дискретно крепятся к горизонтальным расстрелам на ярусах в определенных точках. Каждый ярус может иметь местные отклонения от общей линии оси ствола до нескольких десятков миллиметров. Поэтому проводники имеют вид ломанной пространственной кривой с точками излома на ярусах.

Величина отклонений проводников от вертикали периодически контролируется на каждом ярусе с помощью маркшейдерских станций СИ или с помощью отвесов. Предельно допустимым считается отклонение проводника от вертикали в пролете между смежными ярусами 10 мм [1]. Однако на практике в стволах с нарушенной геометрией или в стволах с очень длительным сроком эксплуатации 30-40 лет соблюдение этого ограничения в ряде случа-

ев оказывается технически проблематичным.

Для динамической системы, в которой максимально допустимые амплитуды колебаний в пределах кинематических зазоров ограничены нормативным значением 15-23 мм, такие отклонения приводят к реализации непрямоугольного ударно-циклического режима взаимодействия с армировкой, представляющего потенциальную опасность для ее эксплуатации.

Вертикальное движение подъемного сосуда по проводникам жесткой армировки является следящим, повторяющим профиль пары проводников, так как все направляющие сосуда верхнего и нижнего поясов жестко связаны с проводниками посредством предохранительных башмаков скольжения и подпружиненных роликовых направляющих. В этом случае сосуд неизбежно отслеживает своими направляющими и плавные отклонения от вертикали генеральной траектории нитки проводника, и накладывающиеся на них изломы профиля на каждом ярусе.

Попадая на участки ствола, в которых резкие знакопеременные отклонения на смежных ярусах накладываются на относительно плавные искривления генеральной траектории, сосуд переходит в ударно-циклический режим взаимодействия с контактными нагрузками, достигающими в некоторых случаях 70-80 кН.

Характерными для данного случая являются стволы ГС-1 и ГС-2 ЗЖРК, сечения которых показаны на рис. 1.

На рис. 2 приведены фактические лобовые профили проводников скиповых отделений этих стволов

Из рис. 2 видно, что все проводники на определенных участках имеют характерные протяженные отклонения генеральных линий от проектной вертикали, причем в стволе ГС-2 таких отклонений достигает 3-4 и каждое из них занимает участок в 50-60 ярусов, а их амплитуды имеют знакопеременный характер.

На рис. 3 приведены некоторые характерные рабочие диаграммы скорости подъемных сосудов, работающих в этих стволах.

Для исследования влияния параметров профилей проводников на динамику подъемных сосудов воспользуемся конечноэлементным моделированием в системе SolidWorks-Simulation-SolidMotion, используя в качестве исходных данных реальные параметры профилей проводников, подъемных сосудов и диаграммы скорости подъема груженых скипов.

Все фактические параметры, показанные на рис. 2 и 3, задаются в табличной форме и вводятся в программный расчетный блок методом интерполяции в виде внешних заданных функций.

На рис. 4 приведены расчетные схемы и твердотельная модель в SolidWorks-SolidMotion системы «упругие расстрелы – проводники – упругие роликовые направляющие – сосуд». Расстрелы моделируются упругими звеньями, опорная жесткость которых в точках крепления проводников рассчитывалась по параметрам конструкции ярусов армировки в системе SolidWorks-Simulation. Роликовые направляющие моделируются звеньями, жесткость которых определена экспериментальным путем по образцам, применяющимся в производственных условиях действующих стволов [2].

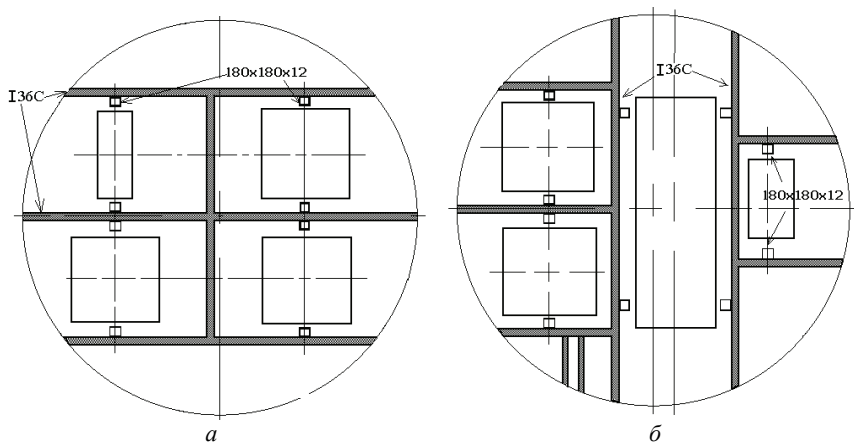


Рисунок 1 – Сечение стволів ГС-1 (а) и ГС-2 (б) ЗАО ЗЖРК

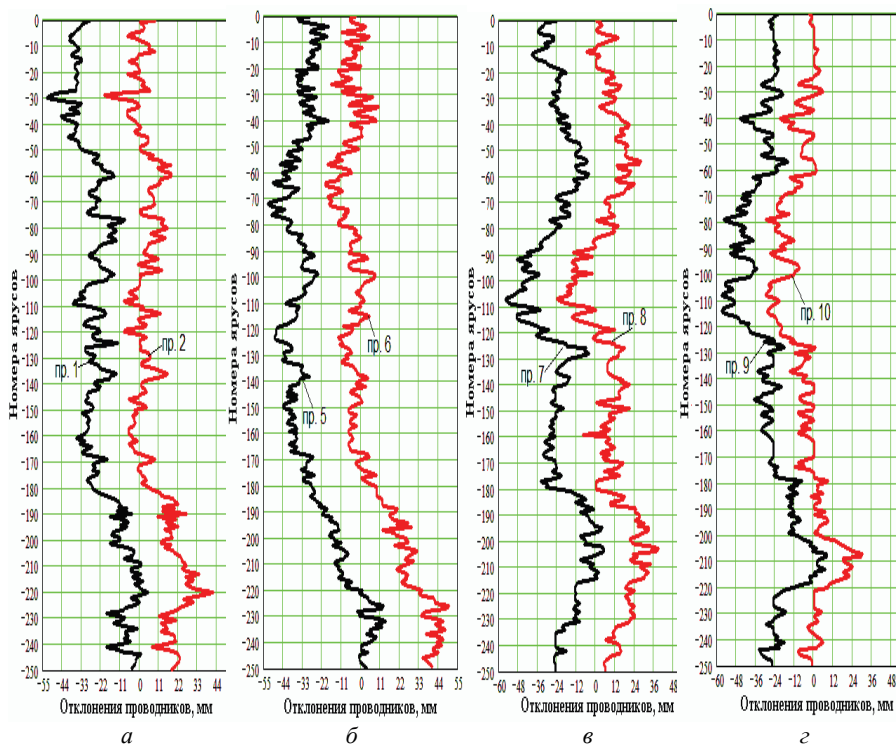
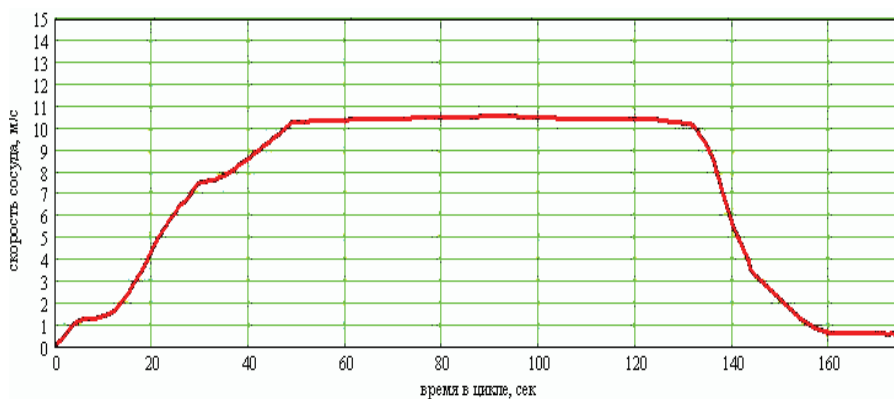
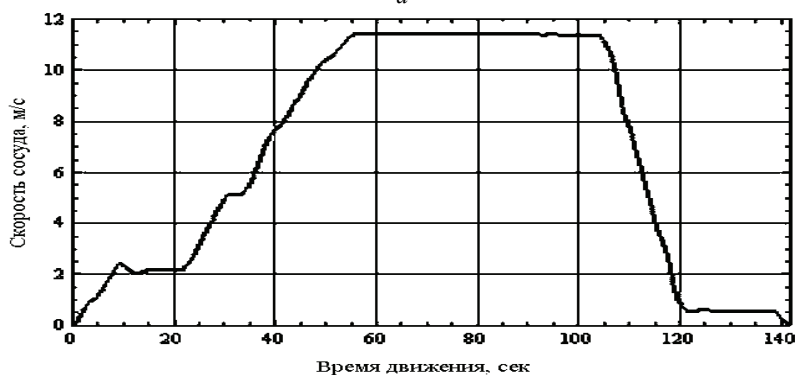


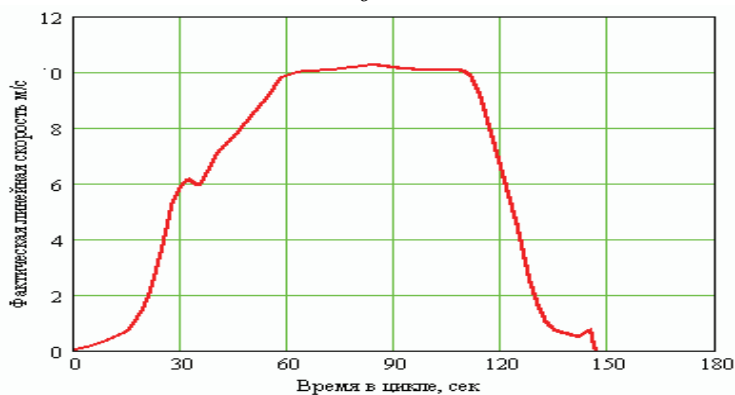
Рисунок 2 – Профили проводников в стволах ГС-1 и ГС-2 ЗАО ЗЖРК: а – Ствол ГС-1 Породный скип; б – Ствол ГС-1 Северный скип; в – Ствол ГС-2 Южный скип; г – Ствол ГС-2 Северный скип



a

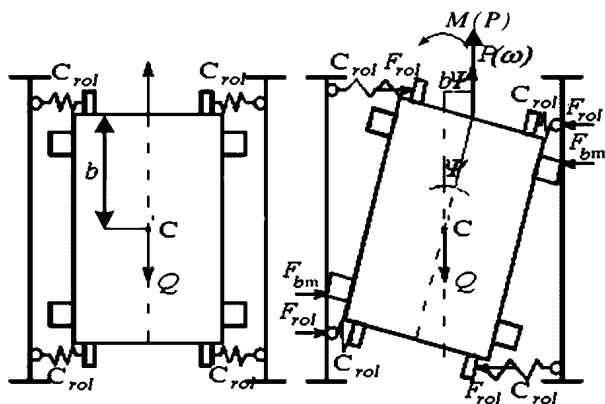


б

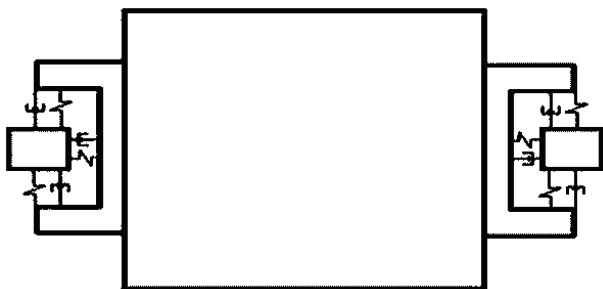


в

Рисунок 3 – Диаграммы скорости подъемных сосудов в стволах ГС-1 и ГС-2:
a – Рудный скип, ствол ГС-1; *б* – Породный контрвес, ствол ГС-1;
в – Рудный скип, ствол ГС-2



a



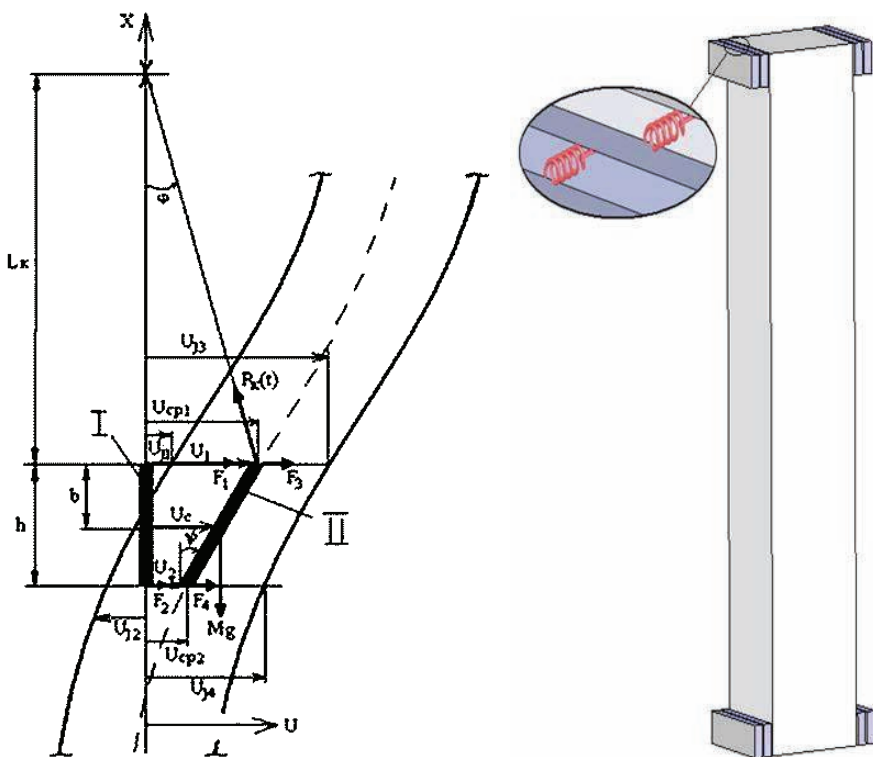
б

Рисунок 4 – Схемы взаимодействия: а – Расчетная схема взаимодействия сосуда с проводниками; б – Схема кинематического взаимодействия систем «башмак-направляющие» с корычатыми проводниками; в – Схема взаимодействия скипа с искривленным участком проводников, I – проектное положение сосуда, II – фактическое положение сосуда на участке ствола с искривленными проводниками; г – Твердотельная модель системы «сосуд-армирование» в SolidWorks-SolidMotion

Из сопоставления с графиками на рис. 3 видно, что максимум контактных нагрузок приходится на середину участка движения скипа с максимальной скоростью, то есть там, где проводники имеют наиболее резкие искривления на коротких участках.

Для уточнения раздельного влияния на динамику скипов формы генеральных линий профилей проводников и локальных искривлений на смежных ярусах строились сглаженные профили, в которых отклонения на смежных ярусах не превышали нормативного значения 10 мм с различными значениями параметра сглаживания. Для построения сглаженных профилей использовался метод Гаусса [3].

$$U_{i,cp} = \sum_{j=1}^n Kgs \left(\frac{U_{i,x} - U_{j,x}}{b} \right) \cdot U_{j,y} / \sum_{j=1}^n Kgs \left(\frac{U_{i,x} - U_{j,x}}{b} \right), \quad (1)$$



Продолжение рис. 4

где окно Гаусса

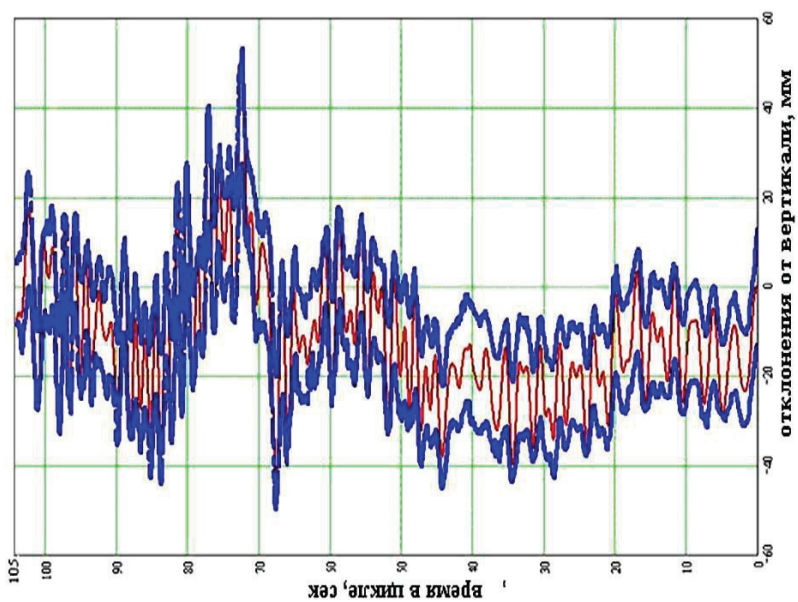
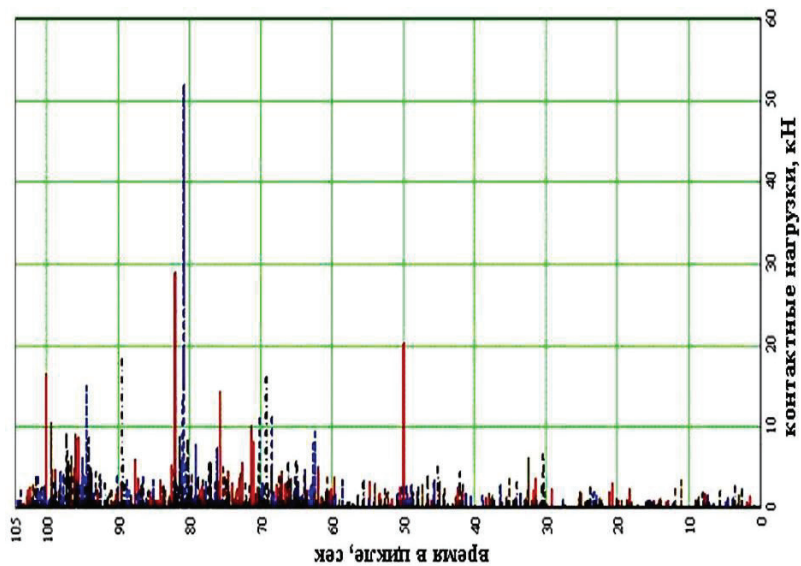
$$Kgs(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot 0,37}} \cdot \exp\left(\frac{-x^2}{2 \cdot 0,37^2}\right), \quad (2)$$

b – коэффициент сглаживания.

Разница между динамической реакцией сосуда на возмущения при фактическом и сглаженным профилями показывала влияние локальных искривлений на динамику системы.

Наличие большой разницы в нагрузках при подъеме по сглаженному и фактическому профилям показывает, что главной причиной повышенных нагрузок на участке являются устранимые при плановых ремонтах локальные отклонения проводников от вертикали на смежных ярусах.

Малые изменения в уровне динамических нагрузок при сглаживании профилей со сниженными отклонениями на смежных ярусах до уровня менее 10 мм и наличие виброударного взаимодействия говорит о доминирующем влиянии в таком отделении ствола глобальных искривлений генеральной линии проводников, не устранимых без проведения капитальных работ.



а

б

Рисунок 5 – Результаты моделирования динамики системы «сосуд-армировка» в стволе ГС-2 (подъем скипа: перемещения верхнего пояса, контактные нагрузки);

На рис. 6 приведены зависимости параметра «отклонения на смежных ярусах» от коэффициента сглаживания b для проводников южного скипового отделения ствола ГС-2. Видно, что уже при значении $b > 2$ отклонения на смежных ярусах входят в нормативные ограничения 10 мм.

На рис. 7 приведены графики зависимости контактных нагрузок от параметра «отклонения на смежных ярусах» для 2-х отделений ствола ГС-2 при вариации жесткости роликовых катков. Из них видно, что не смотря на снижение отклонений до минимально возможной по техническим условиям величины 4-5 мм в системе «сосуд-армировка» на участке интенсивных локальных искривлений генеральной линии проводников все равно возбуждается ударно-циклический режим нагружения армировки (нагрузки превышают 10 кН) из-за кривизны генеральной линии ствола. При этом увеличение жесткости роликовых катков приводит к росту контактных нагрузок на проводники.

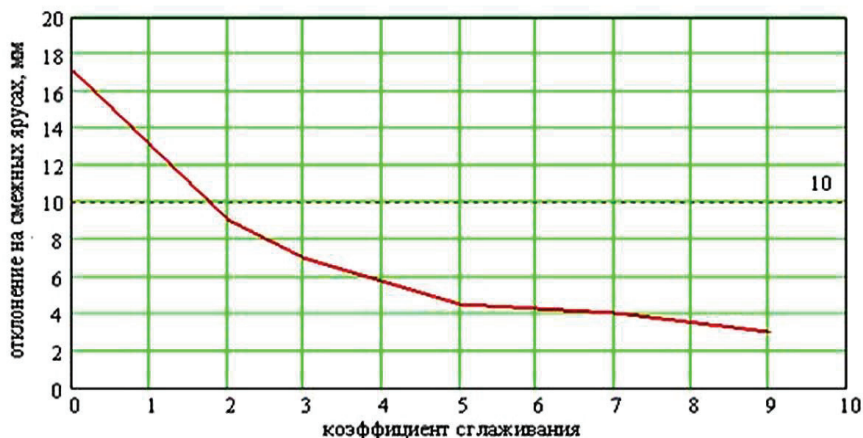


Рисунок 6 – График зависимости отклонений на смежных ярусах от коэффициента сглаживания проводников

Из этих результатов следует, что в отделениях стволов с нарушенной геометрией даже выполнение требований Правил Безопасности по максимальным отклонениям на смежных ярусах 10 мм не обеспечивает безударного режима движения скипов. Путь к снижению контактных нагрузок в таких стволах может лежать только в соответствующем подборе рациональных параметров и конструкций элементов системы «сосуд – направляющие - проводники» или снижению скорости движения сосуда по проблемному участку армировки [2].

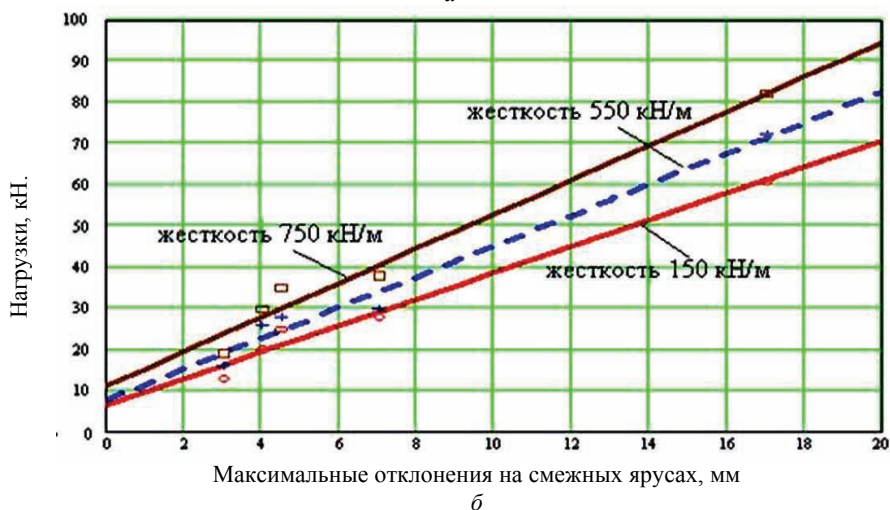
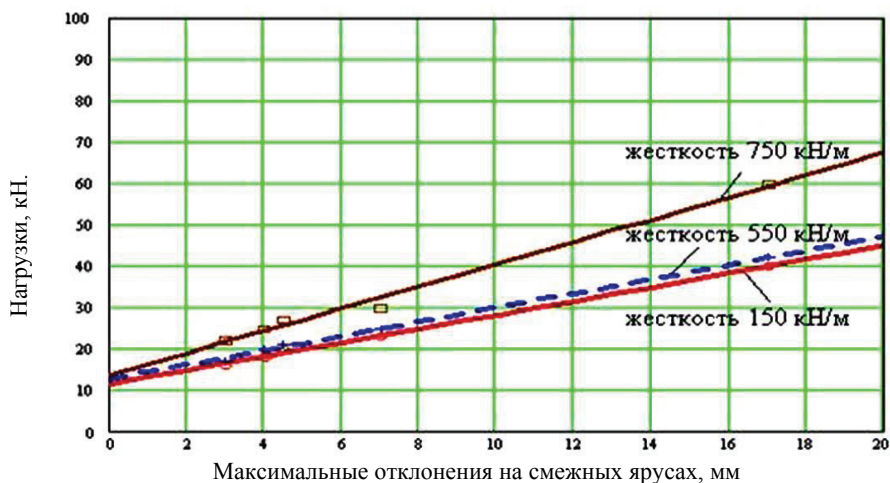


Рисунок 7 – Зависимости контактных нагрузок от отклонений на смежных ярусах южного (а) и северного (б) скиповых отделений ствола ГС-2

Список литературы: 1. Инструкция по проведению маркшейдерских работ. – М.: Недра, 1987. – 240 с. 2. Ильина С.С. Влияние эксплуатационных параметров роликовых катков, жесткостных характеристик армировки вертикальных стволов на колебания шахтных подъемных сосудов // Стальные канаты. – № 8. – Одесса, «Астропринт», 2010. – С.70-102. 3. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: Юнити, 2001. – 354 с.

Поступила в редколлегию 29.07.2011